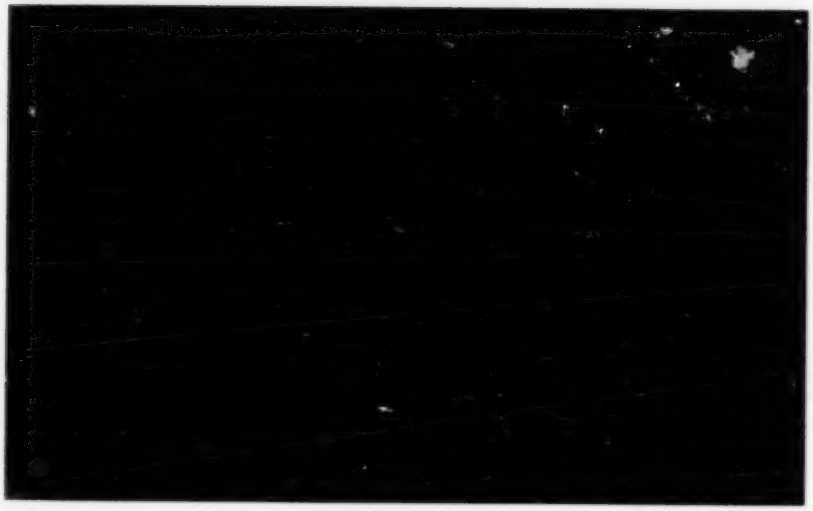
CENTRE DE RECHERCHE
SUR LES TRANSPORTS
(C.R.T.)
CENTRE FOR RESEARCH
ON TRANSPORTATION

UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE



CENTRE DE RECHERCHE SUR LES TRANSPORTS
UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL
C.P. 6128, SUCCURSALE A.
MONTRÉAL
CANADA H3C 3J7

TÉLÉPHONE: (514) 343-7575
TÉLEX: (21) 05-561325
EMAIL: crt@crt.umontreal.ca
TÉLÉCOPIEUR (FAX): (514) 343-7121

CRT-770

Conception et développement d'un simulateur d'entreprises de camionnage à des fins de formation, d'expérimentation et de transfert technologique

par

Christian Lardinois*
Teodor G. Crainic**
Michel Gendreau*

* Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, C.P. 6128, succursale A, Montréal (Québec) H3C 3J7.

** Département de sciences administratives, Université du Québec à Montréal. C.P. 6192, succursale A, Montréal (Québec) H3C 4R2 et Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, C.P. 6128, succursale A, Montréal (Québec) H3C 3J7.

Centre de recherche sur les transports — Publication #770

Mai 1991

91-04846/

Dépôt légal – 2ème trimestre 1991

RÉSUMÉ

Dans de nombreux pays, l'industrie du camionnage connaît des problèmes de formation en matière de planification/gestion, problèmes qui se conjugent à des difficultés d'expérimentation en ce domaine ainsi qu'à une certaine résistance au changement technologique.

L'article présente les travaux en cours concernant le développement d'un simulateur d'entreprises de transport routier de marchandises destiné à fournir une réponse à ces problèmes.

Mots-clés: Transport, camionnage de charges partielles, planification-formation, jeux de simulation.

ABSTRACT

In many countries, the training of planners and managers for the trucking industry is a real problem. The difficulty of experimentation in this field, together with some resistance to technological change, are two other related problems.

This paper presents the work underway for the development of a motor freight carrier simulator which is intended to help in dealing with these problems.

Keywords: Transportation, less-than-truck lead trucking, planning and training, simulation games.

1. INTRODUCTION

Comme dans d'autres secteurs économiques, la tâche des planificateurs, gestionnaires et autres responsables du transport routier de marchandises se caractérise par (i) la complexité et la diversité des décisions à prendre à différents niveaux dans l'entreprise, avec différents objectifs et différents horizons de planification/gestion, (ii) les fortes interactions entre ces niveaux, ces décisions et leurs effets, et (iii) la nécessité de tenir compte d'un environnement technologique, économique, commercial et réglementaire à la fois complexe et changeant. Les responsables gouvernementaux sont également confrontés à de semblables difficultés d'analyse lorsqu'ils ont à élaborer des politiques de transport, par exemple en matière de (dé)réglementation.

Le domaine du camionnage en est un qui, d'autre part, se prête difficilement à l'expérimentation. En fait, toute modification des règles de jeu dans l'industrie et tout changement dans les politiques, stratégies et opérations des transporteurs ont des impacts tels qu'il s'avère difficile, voire impossible, de les évaluer sans les implanter réellement. Il en est de même pour l'évaluation des nouvelles méthodes et techniques de planification/gestion applicables à ce domaine.

Au niveau des entreprises de camionnage, on constate par ailleurs une certaine "résistance" au changement technologique qui se traduit par la difficulté à y faire pénétrer de nouvelles méthodes et techniques de travail. Les problèmes

d'expérimentation en question ci-dessus, le manque de dialogue et de collaboration entre l'industrie et les chercheurs, l'obligation pour chaque entreprise de résoudre ses nombreux problèmes à court terme, le manque de ressources, etc. sont autant d'explications à cette constatation; il reste que ce phénomène handicape la productivité et la compétitivité de l'industrie du camionnage. Les trois constatations ci-dessus soulèvent autant de questions fondamentales : (1) Comment former des individus au travail complexe d'analyse et de planification/gestion dans des entreprises de transport routier de marchandises? (2) Comment évaluer des scénarios, des politiques, stratégies ou techniques en ce domaine sans les expérimenter en pratique, "in situ"? (3) Comment amener l'industrie du camionnage à prendre connaissance et à utiliser de nouvelles méthodes et outils d'analyse et d'aide à la prise de décision?

Dans le but de fournir une réponse à ces trois questions, nous avons entrepris la conception et le développement d'un système informatisé destiné à être utilisé : (1) comme **instrument d'aide à la formation** de planificateurs et gestionnaires dans le domaine du transport routier de marchandises en lots brisés ou charges partielles, (2) comme **outil d'expérimentation** pour l'analyse, la recherche et l'évaluation de nouvelles approches, stratégies ou techniques en ce domaine, et (3) comme **support au transfert technologique,** c'est-à-dire comme un moyen pour amener l'industrie du camionnage à découvrir et à se familiariser avec de nouvelles méthodes de planification/gestion.

Notre démarche méthodologique est basée sur l'utilisation des techniques de la modélisation mathématique, de la recherche opérationnelle et de l'informatique graphique dans le cadre de l'approche que la littérature anglosaxonne désigne par "gaming-simulation". Cette approche s'est surtout développée à la fin des années '40 avec l'émergence de jeux de simulation conçus comme des modèles mathématiques informatisés et appliqués à différents contextes, notamment celui de la gestion d'affaires (voir le numéro spécial de la revue "Simulation and Games" [1]), mais aussi dans bien d'autres domaines aussi diversifiés que les sciences politiques, le développement urbain, la psychologie, les communications, la science militaire, etc. Dans le domaine du transport de personnes, quelques jeux de simulation ont également été développés, d'une part en contexte urbain (voir par ex. [2,3,4]) et d'autre part en contexte interurbain (voir par ex. [5,6,7,8]). Quant au transport de marchandises, nous connaissons quelques jeux portant sur la logistique, la distribution physique et la localisation de dépôts (ex. JISEL [9] et PHYDIS [10]), ainsi que le CONRAIL Deregulation Game [11] sur l'étude des tarifs en transport ferroviaire, et JUTRE [6] qui modélise de façon simplifiée le système de transport dans un pays en développement. Pour une revue des concepts théoriques et des techniques de l'approche "gaming-simulation", voir, entre autres, la référence [12]. Pour un résumé général et d'autres références dans ce domaine, voir la section 3.2 de [8].

L'approche "gaming-simulation" appliquée à notre projet nous a conduit à

concevoir le système envisagé sous la forme d'un jeu informatisé de simulation, d'analyse et de prise de décisions qui, dans un environnement interactif-graphique, reproduit la réalité et la complexité de diverses situations que peuvent rencontrer en pratique de véritables planificateurs, gestionnaires et autres professionnels dans des entreprises de camionnage en charges partielles. Ce **simulateur d'entreprises de transport routier de marchandises**, que nous appelons **SIMTRUCK**, est structuré de façon à inclure une interface usager- logiciel conviviale pour faciliter son utilisation dans différents contextes : les entreprises concernées bien sûr, mais aussi les maisons d'enseignement, les organismes de formation, les agences gouvernementales, etc. Il est par ailleurs conçu de façon modulaire et suffisamment souple pour permettre le traitement de différentes situations, avec différents niveaux de complexité.

SIMTRUCK est présentement en cours de développement, et l'objet de cet article est de le présenter dans ses grandes lignes. La section 2 décrit son fonctionnement général ainsi que ses principales composantes. La section 3 est consacrée à la présentation plus détaillée d'une "situation" où l'utilisateur de SIMTRUCK est confronté à des problèmes d'analyse et de prise de décision en termes de planification tactique. La section 4 conclut cet article.

2. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SIMULATEUR

2.1 Mode de fonctionnement et structure informatique : principe général

SIMTRUCK est conçu de façon à mettre en présence une ou plusieurs compagnies de camionnage en charges partielles, et donc un ou plusieurs participants, chacun jouant le rôle d'un planificateur/gestionnaire confronté à une gamme diversifiée, ou au contraire limitée, de problèmes d'analyse et de prise de décisions dans "sa" compagnie : analyse de la concurrence, choix des marchés, design du réseau de service, acheminement des marchandises, achat/location de véhicules, définition des routes-horaires des véhicules, gestion de budgets, marketing, etc. Ces décisions sont prises au début de différentes périodes de simulation successives via un programme interactif- graphique d'entrée-sortie permettant à l'usager d'une part de consulter la banque de données et de visualiser l'état général du système, et d'autre part d'entrer effectivement ses décisions. Chaque période de simulation correspond à une période d'activité de la ou des compagnies présentes, par exemple une période de 6 mois ou 1 an. Au début de chaque période, un autre personnage peut également intervenir : c'est le "maître de simulation" qui orchestre le déroulement de la simulation et qui, à ce titre, peut prendre des décisions relativement à l'évolution du contexte considéré (le niveau de la demande de transport, le prix de l'énergie, la réglementation des tarifs, etc.).

Quand le ou les participants et le maître de simulation ont entré leurs décisions,

le programme de simulation proprement dit est alors mis en oeuvre pour simuler les effets de ces décisions sur la demande de transport concernée, ainsi que sur la ou les compagnies en jeu, leurs opérations et leurs performances, ceci incluant la simulation des phénomènes de concurrence si plusieurs compagnies sont présentes. Après exécution du programme, chaque participant se retrouve dans une nouvelle situation correspondant à l'état du système une période plus tard (1 an, 6 mois), et le processus peut se répéter.

Une simulation globale est donc un exercice séquentiel d'analyse et de prise de décisions couvrant une succession de périodes d'activités simulées en fonction des décisions prises au début de chaque période. Chaque participant subit ainsi un apprentissage progressif où il peut tester différentes stratégies, analyser l'effet de ses décisions (et de celles prises par les autres participants si plusieurs compagnies sont en concurrence), et donc développer ses connaissances.

Précisons que dans le cadre du processus qu'on vient de décrire, le ou les participants en jeu pourront avoir accès - dans certains cas - à des instruments d'aide à la décision leur permettant d'estimer en partie, a priori, l'effet de certaines décisions ou groupes de décisions. L'accès à ces outils sera contrôlé par le maître de simulation, et éventuellement interdit, selon le degré de difficulté souhaité.

La description ci-dessus correspond à la fonction **formation** de SIMTRUCK. Dans le cas d'un exercice d'**expérimentation** (par ex. analyse d'une stratégie

d'opération et de desserte des marchés, comparaison de différents modes de réglementation et de tarification, analyse de différentes méthodes de planification/gestion, examen de différents scénarios en termes de concurrence et d'évolution du contexte économique, étude de coûts, évaluation d'un modèle mathématique, etc.), SIMTRUCK constituera l'environnement contrôlé permettant d'analyser et de tester l'objet d'étude envisagé.

Ce qui précède identifie quatre des cinq composantes principales de la structure informatique du simulateur : (1) une **Banque de Données** qui contient l'information décrivant les états successifs du système de transport considéré, ainsi que de la ou des compagnies et de leur environnement, (2) un **Programme Interactif-Graphique d'Entrée-Sortie** qui inclut tous les modules ou sous-programmes requis pour la consultation et l'édition à l'écran des informations de la banque de données, ainsi que pour la collecte et la validation des décisions, (3) un **Programme de Simulation** qui regroupe tous les modules ou sous-programmes requis pour modéliser les relations entre toutes les variables concernées et déterminer les effets des décisions, et (4) un **Système d'Aide à la Décision** dont le rôle a été précisé ci-dessus.

La cinquième composante principale du simulateur est constituée de **Modules d'Optimisation** qui peuvent être utilisés à la fin de chaque période de simulation pour générer une ou des "solutions optimales" et ainsi permettre à chaque participant de mieux évaluer, par comparaison, les performances de ses propres

décisions. L'intégration de procédures d'optimisation dans SIMTRUCK correspond en fait également à notre objectif de **transfert technologique** énoncé plus haut. Elle permet en effet à un utilisateur non familier avec ce genre d'outils d'en prendre connaissance et de les expérimenter dans un environnement semblable à la réalité. Cette caractéristique du simulateur constitue à notre avis un moyen très original pour favoriser le transfert des concepts et outils en question vers l'industrie.

2.2 Structure de gestion du simulateur et programme-maître

SIMTRUCK est conceptuellement basé sur une **Structure de Gestion** à trois dimensions : les Situations de jeu, les Niveaux de décision et les Degrés de difficulté.

Trois **Situations de jeu** sont considérées. (S.1) Cette situation fait intervenir une seule compagnie avec un seul participant en situation d'apprentissage. (S.2) Cette situation met en jeu plusieurs participants qui sont en charge de la même compagnie et qui "jouent" en parallèle. (S.3) Cette situation implique plusieurs participants respectivement en charge de différentes compagnies en concurrence les unes avec les autres.

Trois **Niveaux de décision** sont envisagés qui définissent les catégories de problèmes d'analyse et de prise de décision auxquels le ou les participants sont confrontés. (N.1) Ce premier niveau, dit stratégique, est le niveau de décision

"supérieur" dans toute entreprise de camionnage; il a trait aux problèmes de nature économique et commerciale qui déterminent sa politique d'offre et de développement dans un environnement concurrentiel: étude et choix des marchés à desservir, définition des tarifs, marketing, choix des normes de service (délais de livraison annoncés aux clients), analyse des coûts et revenus, achats ou locations de véhicules, acquisition d'emprunts bancaires, etc. (N.2) Ce second niveau a trait à la planification tactique du système de transport proprement dit : choix du nombre, de la localisation et de la taille des dépôts/terminus, design du réseau de services (configuration et fréquences) et acheminement des marchandises (N.3)[1]

Ce troisième niveau, qui est celui de la planification/gestion opérationnelle de la flotte de véhicules, porte sur la construction de leurs routes et horaires[2]. De façon plus concrète pour les utilisateurs de SIMTRUCK, chaque Niveau de décision prendra la forme de différents départements, c'est-à-dire de différentes "unités" ou subdivisions qui, dans une compagnie, sont ou devraient être en charge des différents problèmes d'analyse/décision considérés. Nous définirons

---

1 Par "acheminement des marchandises", nous entendons la définition de leurs itinéraires sur le réseau des services ainsi que la détermination des volumes affectés sur ces itinéraires.

2 Pour mieux couvrir tout le spectre des différents types de décision qu'on rencontre en pratique, d'autres problèmes, comme par exemple celui qui a trait à la construction des horaires des chauffeurs des camions, pourraient également être considérés à ce niveau opérationnel. On pourrait également intégrer au système le problème de la gestion des opérations de cueillette et livraison locales des marchandises à partir des terminus. Le développement de SIMTRUCK se limite actuellement au traitement des problèmes définis ci-dessus.

par exemple les Départements Etudes et Statistiques, Réseau Longue Distance, Marketing et Services, Finances, Gestion de la Flotte, etc.

Évidemment, plusieurs Niveaux, voire même tous, pourront être considérés simultanément, ce qui forcera alors le ou les participants à tenir compte explicitement des interactions réciproques entre ces différents Niveaux stratégique (N.1), tactique (N.2) et opérationnels (N.3), et donc entre les décisions qu'ils impliquent.

Les **Degrés de difficulté** définissent la plus ou moins grande complexité des problèmes d'analyse et de prise de décision auxquels sont confrontés le ou les participants. Selon le ou les Niveaux de décision envisagés, ces Degrés sont fonction de la taille des problèmes considérés, de l'existence ou non de certaines solutions de départ, et de l'accessibilité ou non au système d'aide à la décision. La section 2.3 fournit davantage de détails à ce sujet.

Le choix d'une combinaison spécifique S-N (une Situation et un ou plusieurs Niveaux) et les choix relatifs au Degré de difficulté définissent complètement le type de simulation envisagé. Ces choix seront faits via un **Programme-Maître** qui d'une part déterminera les données concernées ainsi que les départements, les modules d'entrée- sortie et les modules d'aide à la décision accessibles au(x) participant(s) pour la simulation envisagée, et qui d'autre part orchestrera la mise en oeuvre des modules de simulation spécifiquement requis pour cette simulation. C'est également via ce programme-maître que seront identifiés les

modules d'optimisation utilisables pour l'évaluation a posteriori des décisions du ou des participants en jeu à la fin de chaque période de simulation.

2.3 Le système d'aide à la décision et les degrés de difficulté

Quelle que soit la combinaison S-N considérée, SIMTRUCK est conçu de façon à permettre le recours à des modules d'aide à la décision. L'aide apportée par chacun de ces modules peut être plus ou moins importante. Dans le cas du problème de planification tactique dont il est question dans la section 3, cette aide peut se limiter, par exemple, à une estimation du coût de services de transport additionnels entre différentes paires de villes. D'autres modules par contre peuvent fournir des informations beaucoup plus riches, par exemple au niveau de l'effet de ces services additionnels sur les temps d'attente dans les terminus et sur les temps de livraison aux clients.

Tel qu'indiqué précédemment, l'accès à ces modules d'aide à la décision ne sera pas systématique : c'est le maître de simulation qui va décider de l'accessibilité totale ou partielle des participants à ces outils, ceci incluant la possibilité d'en interdire complètement l'usage en laissant aux participants le soin de construire éventuellement eux-mêmes leurs propres outils. Très clairement donc, différents degrés de difficulté sont possibles à ce chapitre, ce qui est très pertinent dans le cadre de séances de formation où il est souhaitable d'assurer une certaine progression en termes de complexité.

La "taille" des problèmes et le contexte auxquels le ou les participants sont confrontés constituent une deuxième façon, pour le maître de simulation, de définir différents degrés de difficulté. Ainsi, dans le cas déjà mentionné de la planification tactique, différents choix sont possibles concernant, par exemple, le nombre des marchés, les niveaux de demande (volumes de marchandises) et les normes de service (délais de livraison à respecter) sur ces marchés, les terminus existants au départ de la simulation (nombre, localisation et taille), etc. A ces différents choix correspondent différents degrés de complexité du point de vue de la taille et des configurations possibles du réseau des services.

Finalement, il y a une troisième façon, pour le maître de simulation, de rendre la tâche d'un participant plus ou moins complexe. C'est au niveau de l'histoire antérieure de la compagnie confiée à ce participant. Le cas les plus simple est celui où le participant se voit confié une compagnie qui a effectivement une histoire, c'est-à-dire qui a déjà été en opération dans le contexte considéré. Dans ce cas, le participant dispose d'informations plus ou moins détaillées sur les activités passées de sa compagnie (et en partie sur les autres compagnies dans le cas d'une situation de concurrence), et son rôle est d'en améliorer les performances au cours des périodes de simulation à venir. Le cas le plus complexe est celui où le participant part de zéro : sa compagnie vient d'être formée et elle n'a donc jamais opéré dans le contexte considéré. Tout ce qui est confié au participant, c'est un ensemble de ressources (des véhicules, des terminus, ...) qu'il doit utiliser sans

pouvoir s'inspirer d'une "histoire antérieure". Plusieurs cas intermédiaires entre le plus simple et le plus complexe peuvent également être définis.

2.4 L'environnement informatique

Le développement de SIMTRUCK est réalisé sur une station de travail SUN (SPARC station) avec le système d'exploitation UNIX. L'environnement interactif-graphique est assuré par l'utilisation du système de fenêtres X-Window [13] avec l'interface Open Look [14] de façon à permettre une manipulation facile et agréable des informations de la banque de données. Cet environnement est particulièrement approprié pour un logiciel comme SIMTRUCK en raison (i) de ses capacités multitâches qui permettent à l'usager de traiter simultanément différents aspects du problème considéré, (ii) de la flexibilité du système de fenêtrage qui laisse à l'usager la liberté d'organiser la disposition des informations sur son écran en fonction de ses besoins, (iii) de la portabilité des procédures X-Window qui permettra l'utilisation de SIMTRUCK sur différents matériels informatiques (IBM PC/PS-2, VAX, HP, etc.), et (iv) des caractéristiques de UNIX qui rendront possible l'utilisation de SIMTRUCK en réseau, y compris en mode multi-usagers.

3. LE CAS DE LA PLANIFICATION TACTIQUE

Cette section présente de façon plus détaillée les différents éléments du simulateur pour le traitement de la combinaison S1-N2, c'est-à-dire celle où le simulateur ne fait intervenir qu'une seule compagnie de camionnage, avec un seul participant-usager dont le rôle se situe au niveau de la planification tactique dans la compagnie considérée.

3.1 Données de base, variables de décision et variables de simulation

Les **Données de Base**, c'est-à-dire les éléments qui définissent de façon exogène la situation de jeu considérée, sont :

- le réseau routier, défini par un ensemble de noeuds (villes et autres points géographiques importants sur le réseau) et un ensemble de liens; en plus de ses coordonnées, chaque noeud est caractérisé par un paramètre qui précise s'il est possible ou non d'y ouvrir un terminus, et si oui de quelle taille; de même, chaque lien est caractérisé par différents paramètres qui définissent ses conditions d'utilisation par les camions (vitesse maximale permise, poids maximal, ...);

- les marchés à desservir, chacun étant défini par une paire de villes, un niveau de demande (volume hebdomadaire de marchandises), une norme de service (temps de livraison garanti pour, par exemple, 90% de la marchandises ou des livraisons);

- les données technico-économiques définissant différentes tailles de terminus

possibles (taux de classification et de déchargement, coûts unitaires de manutention, etc.); on inclut aussi des données sur les coûts de location de ces différentes tailles de terminus (pour simplifier, on suppose que tous les terminus sont loués);

- les caractéristiques technico-économiques de chaque type de véhicule (capacité, vitesse, poids, coût d'opération, ...); ces véhicules sont supposés en nombre suffisant pour assurer les services offerts.

Les **Variables de Décision,** c'est-à-dire celles sur lesquelles portent les choix du participant, déterminent :

- le nombre, la localisation et la taille des terminus;

- le réseau des services de transport, chaque service direct étant défini par son origine et sa destination, ainsi que les noeuds intermédiaires par lesquels il passe éventuellement, sa fréquence hedbomadaire, le type de véhicule utilisé;

- l'acheminement des marchandises qui, pour chaque marché, est défini par le ou les itinéraires empruntés par les marchandises, chaque itinéraire étant lui-même défini par un service ou une suite de services, le volume de marchandises sur chaque itinéraire.

Les valeurs des Variables de Décision sont automatiquement validées par le Programme d'Entrée-Sortie. En particulier, le programme vérifie si la localisation et la taille choisie pour un terminus satisfont le paramètre caractérisant le noeud choisi à cet égard, il vérifie la présence de terminus à l'origine et à la destination

de chaque service de même que l'existence de liens routiers entre chaque paire de noeuds par où passe ce service, et pour l'acheminement des marchandises, il vérifie que la fréquence (capacité) des services empruntés par les marchandises est suffisante.

Nous appelons **Variables de Simulation** toutes les autres grandeurs qui ne sont ni des Données de Base, ni des Variables de Décision. Il s'agit donc de toutes les variables dont les valeurs résultent de l'exécution du Programme de Simulation. Avec les Données et les Variables de Décision, elles décrivent en détail les activités et les performances de la compagnie considérée durant la période de simulation exécutée (6 mois ou 1 an), avec la semaine comme base de référence. En particulier, ces Variables de Simulation fournissent :

- des statistiques sur chaque itinéraire et donc sur la desserte de chaque marché (coût de transport et coût de classification, temps de livraison moyen et variance, fiabilité obtenue par rapport à la norme de service, etc.);

- des informations détaillées sur chaque service (volume transporté, coût, temps d'attente de la marchandise à l'origine du service, temps de déchargement à l'arrivée, etc.);

- des informations détaillées sur chaque terminus (nombre de camions à l'arrivée et au départ, volume manutentionné, temps et coûts des différentes activités de déchargement, manutention et chargement, etc.);

- des informations synthèse sur l'ensemble du réseau de transport (coût de transport total, coûts relatifs aux terminus, nombre de marchés où les normes de service ont été respectées pour le taux de fiabilité donné, etc.).

3.2 Simulation. Aide à la Décision. Optimisation

Dans le cas de la planification tactique qui nous occupe ici, c'est un seul et même logiciel qui sert à la fois de module central dans le Programme de Simulation et dans le Système d'Aide à la Décision, ainsi que de Module d'Optimisation.

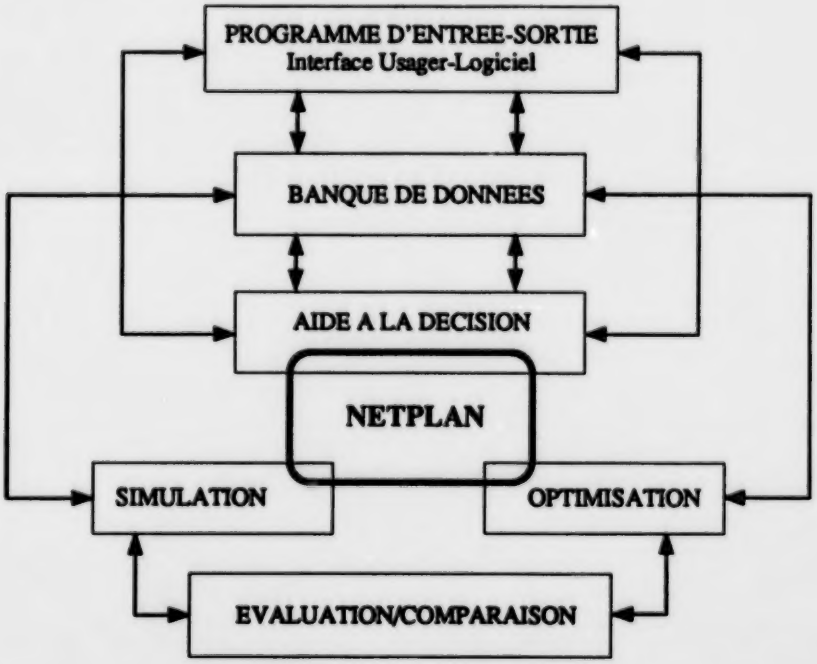


Figure 1 Structure informatique de SIMTRUCK et le triple rôle de NETPLAN

La figure 1 illustre cette triple fonction du logiciel - qui s'appelle NETPLAN - tout en schématisant la structure informatique générale présentée plus haut.

NETPLAN a été développé par T. Crainic et J. Roy [15] pour traiter simultanément les deux problèmes centraux de planification tactique identifiés précédemment, à savoir le problème de design du réseau de services (configuration et fréquences) et celui de l'acheminement des marchandises (itinéraires et volumes) dans ce réseau[3]. Il est basé sur un modèle de programmation non-linéaire dont la fonction objectif représente un arbitrage entre d'une part les coûts d'opération relatifs aux véhicules sur le réseau et à la manutention des marchandises dans les terminus, et d'autre part la qualité des services qui est fonction des délais encourus par les véhicules et les marchandises sur le réseau et aux terminus.

La première fonction de NETPLAN dans SIMTRUCK est celle d'un Module de Simulation qui simule les effets des décisions du participant-usager relativement à toutes les variables de décision définies plus haut. Pour remplir cette fonction, NETPLAN intervient comme un "simple système de comptabilisation" : aucune optimisation n'est requise, et NETPLAN ne fait que traduire - comme un système d'équations - les relations entre données, variables de décision et variables de simulation. À la fin de chaque période de simulation, il fournit une description globale et détaillée de toutes les activités de la compagnie et de ses performances sur l'ensemble de son réseau et aux terminus.

---

[3] L'utilisation de NETPLAN suppose que les terminus sont donnés.

La deuxième fonction de NETPLAN dans SIMTRUCK est celle d'un Module d'Aide à la Décision qui peut être sollicité par l'usager au fur et à mesure que celui-ci prend ses décisions. Son rôle à ce niveau est de simuler en partie l'effet de certaines décisions ou groupes de décisions proposées provisoirement par l'usager. Pour remplir cette fonction, NETPLAN est utilisé comme ci-dessus en tant que système de comptabilisation, mais la simulation qui est alors réalisée ne porte que sur les décisions prises jusque-là et les informations transmises à l'usager sont filtrées de façon à ne pas faciliter exagérément sa tâche. En fait, comme on l'a expliqué plus haut, l'accès à cette fonction d'aide à la décision va être contrôlé par le maître de simulation, y compris du point de vue de la quantité d'informations transmises à l'usager.

La troisième fonction en question plus haut est celle d'un Module d'Optimisation, et c'est à ce niveau, à la fin de chaque période de simulation, que NETPLAN peut jouer pleinement son rôle de modèle de programmation mathématique en générant des "solutions optimales" dont les performances peuvent être utilisées pour évaluer, par comparaison, celles de l'usager-participant. En fait, deux solutions partiellement optimales et une solution globalement optimale peuvent être générées à cette fin. Ces trois solutions conservent les terminus faisant partie de la solution du participant.

- La première solution partiellement optimale (la moins bonne des trois solutions en question du point de vue de la fonction objectif de NETPLAN)

est obtenue en conservant le réseau de service (configuration et fréquences) du participant et en faisant porter l'optimisation exclusivement sur l'acheminement des marchandises.

- La deuxième solution partiellement optimale est obtenue de façon semblable à la précédente, mais cette fois l'optimisation porte en plus sur les fréquences du réseau de service (tout en conservant la configuration du réseau telle que décidée par le participant).

- La troisième solution, globalement optimale, est obtenue en laissant toutes les variables de décision endogènes (sauf, comme on l'a dit, celles relatives aux terminus puisque ceux du participant sont conservés). En d'autres mots, l'optimisation porte dans ce cas simultanément sur la configuration et les fréquences du réseau de service ainsi que sur l'acheminement des marchandises.

Soulignons que l'intérêt de générer trois "solutions optimales", et non pas seulement celle qui est globalement optimale, est de permettre à l'usager-participant de mieux évaluer les trois dimensions (configuration, fréquences, acheminement) de sa propre solution puisque deux des "solutions optimales" conservent en partie les décisions de l'usager relativement à une ou deux des dimensions en question.

4. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons présenté un simulateur d'entreprises de transport routier de marchandises en charges partielles qui est destiné à servir de "laboratoire" de formation, d'expérimentation et de support au transfert technologique. Ce simulateur est conçu de façon à couvrir les trois niveaux d'analyse et de prise de décision qui caractérisent le processus de planification/gestion dans le domaine en question.

À l'heure où, dans la plupart des pays, l'industrie du camionnage fait face à de nouveaux défis économiques et technologiques, nous croyons que ce type de simulateur constitue un moyen efficace et original pour améliorer la productivité et la compétitivité de ce secteur de l'industrie du transport.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été rendu possible grâce à une subvention du Fonds F.C.A.R. et du Ministère des Transports du Québec, ainsi qu'à une subvention du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Nous remercions aussi Mesdames Johanne Côté et Johanne Dion et Monsieur Louis Delorme pour leur participation au développement de SIMTRUCK.

RÉFÉRENCES

[1] Simulation & Games 18(2) (1987) Special issue: A practical guide to business gaming.

[2] Found W.C. et Rice R.G. (1977) METRANS: Manual for a simulation game for transportation/land-use planning in Metropolitan Toronto. Report 40, University of Toronto - York University Joint Program in Transportation.

[3] Willumsen L.G. et Ortuzar J.D. (1985) Intuition and models in transport management. Transportation Research 19A(1), 51-57.

[4] Adiv A. (1986) A game/simulation for transportation management. Journal of Transportation Engineering 112(1), 88-104.

[5] Elias A.L. (1979) The development of an operational game for the U.S. domestic airline industry. FTL Report R78-5, MIT.

[6] Ortuzar J.D. et Willumsen L.G. (1978) Learning to manage transport systems. Traffic Engineering and Control 19(5).

[7] Tyber H.B. (1977) An airline management game. Douglas Paper 6671, McDonnel Douglas Corporation.

[8] Lardinois C. (1989) Simulation, gaming and training in a competitive multi-modal multicompany intercity passenger transportation environment. Journal of the Operational Research Society 40(10), 849-861.

[9] Cazaban P. et Doutriaux J. (1987) JISEL : Jeu informatique de simulation d'entreprise logistique. Institut Supérieur de Logistique Industrielle, Bordeaux.

[10] Ventura E. (non daté) PHYDIS : modèle de simulation sur la distribution physique. CEPLAM, Paris.

[11] Duke R.D. (1980) Format for the game-logic or intuition? Simulation & Games 11(1).

[12] Greenblat C. (1987) Designing Games and Simulations. Sage Publ.

[13] Adrian N. (editor) (1990) X Protocol reference manual, for version 11 of the X Window system. O'Reilly and Associates Inc.

[14] Sun Microsystems Inc. (1990) Open Look graphical user interface functional specification. Addison-Wesley Publ. Company.

[15] Crainic T.G. et Roy J. (1988) OR tools for tactical freight transportation planning. European Journal of Operations Research 33(3).